

DETALLES EN EL DESARROLLO DE UNA ONTOLOGÍA SOBRE TRÁFICO RODADO

Dr. José. Javier Samper Zapater

Miembro de la ETSE e investigador en el Instituto de Robótica

Profesor en la Universitat de València (España)

jose.j.samper@uv.es

<http://robotica.uv.es/~jsamper/>

Dr. Eduardo Carrillo Zambrano

Profesor Titular Facultad de Ingeniería de Sistemas, Escuela de Ciencias

Naturales e Ingeniería

Universidad Autónoma de Bucaramanga

eduleidy@eudoramail.com

Dr Vicente R. Tomás López

AiA research Group. Universitat Jaume I de Castellón.

vtomas@icc.uji.es

DETALLES EN EL DESARROLLO DE UNA ONTOLOGÍA SOBRE TRÁFICO RODADO

Resumen:

En este artículo se describen ciertos elementos de desarrollo de una ontología sobre tráfico rodado. Se ha pretendido dar una visión de la problemática actual en el campo de los servicios de información de tráfico, tomando como puntos de vista tanto el intercambio de información de tráfico como la difusión de ésta a los distintos usuarios finales:

1. Un gran volumen de información sobre tráfico se distribuye entre varios *Web sites*. El principal problema para un usuario que necesita información de este tipo es encontrar estos sitios web y además tratar con los diferentes accesos a ésta, así como sus diferentes formas de presentación.

2. Por otra parte, un usuario puede necesitar información de diferente naturaleza o tipo, y por lo tanto el almacenaje de toda esta información en un solo sitio web no es en absoluto viable a nivel de costes de almacenamiento ni incluso a nivel de mantenimiento.

Debido a esta problemática se toma como recurso para alcanzar nuestro objetivo, aspectos de la Web semántica [6], para intentar expresar tanto los conceptos o términos como sus relaciones, que posibiliten la realización de procesos de manera automática.

Palabras clave: ontología / semántica / OWL / tráfico / conceptual

DETAILS IN THE DEVELOPMENT OF AN ROAD TRAFFIC ONTOLOGY

Abstract:

In this article there are described certain elements of development of a road traffic ontology. There has tried to give a vision of the current problems in the field of the services of information of traffic, taking as points of view both the interchange of information of traffic and the diffusion of this one to the different final users:

1. High volume of traffic information is distributed over different *Web sites*. The main problem for a user who needs such information is to find such webs and handle the different ways of access and presentation

2. On the other hand, the users need information of a different nature or type, and the storage of such information on a simple site would be too costly as well for maintenance.

Due to this problems it takes as a resource to reach our aim, aspects of the semantic Web [6], to try to express both the concepts or terms and their relations, which should make possible the process accomplishment of an automatic way.

Keywords: ontology / semantic / OWL / traffic / conceptual

Introducción:

En el contexto de ofrecer información de tráfico al usuario, esta información ha de cumplir ciertos requisitos, cuya finalidad es asegurar que el usuario final reciba información actualizada y enfocada a sus requerimientos, y además que esta alcance un alto grado de confianza que le aporte la veracidad de la misma. De esta forma, el usuario podrá adoptar medidas en base al conocimiento adquirido.

Desde hace ya algún tiempo, la información de tráfico esta siendo distribuida de múltiples maneras, siendo Internet la más relevante. La capacidad de intercambio de información entre diferentes sistemas de información se constituye en la actualidad en un componente esencial de las nuevas aplicaciones informáticas. Una de las razones es la creciente demanda de nuevos servicios de información, los cuales a su vez son dependientes de diferentes sistemas. Así mismo se hace necesario usar aquella información que ya está almacenada en sistemas de información heterogéneos en orden a desarrollar nuevos servicios.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte y Servicios (ITS) se constituyen en un tipo de aplicación donde es realmente importante conseguir intercambiar información de manera fiable y con calidad. Estos sistemas se basan en la posibilidad de ofrecer información de tráfico a conductores y viajeros de manera que puedan planificar sus actividades antes o durante la realización de un viaje.

La difusión de información de tráfico abarca un gran abanico de posibilidades que hacen que el tratamiento de la información se deba de abordar de manera eficaz. El usuario se ve obligado a tratar con un gran volumen de información que aparece a su vez distribuida por las diferentes Web Sites de administraciones o entidades privadas que la ofrecen. A su vez la aparición de múltiples dispositivos de usuario final ha dado lugar a que desde el punto de vista del usuario haya una gran dificultad para encontrar estos lugares y tratar con las diferentes representaciones y accesos a la información.

Se plantean varios requisitos de suma importancia entorno a esta problemática:

- El usuario debe de obtener la información adecuada (concisa y clara) a sus requisitos.
- La información debe de alcanzar un grado de confianza que permite tener la certeza de la veracidad de esta.
- Información actualizada, ya que de lo contrario podría suponer la toma decisiones incorrectas, las cuales no se ajusten a la realidad.
- Posibilidad de acceso desde diferentes medios que de igual manera permitan su obtención de forma contextualizada y personalizada.

La aplicación manual de las búsquedas de información, que fundamentalmente se realiza en la actualidad, presenta claros inconvenientes. Por una parte, la enorme cantidad de tiempo que los usuarios tienen que dedicar a familiarizarse con las diferentes fuentes de información para obtener un alto rendimiento. Por otra parte, el riesgo, siempre presente, de no considerar cierta información, que pueda ser importante y que por alguna razón pase desapercibida.

Siendo conscientes de la necesidad de asistencia en la búsqueda y tratamiento de la información, se ha abordado el desarrollo de una arquitectura que permita de una manera inteligente lo anteriormente comentado.

Por otra parte, el actual procesamiento de la información y su posterior distribución a través de las páginas

Web en Internet o en distintos soportes de almacenamiento magnético hacen posible su tratamiento informático. Sin embargo, la representación obtenida es únicamente interpretable por el hombre, y, en todo caso, el tratamiento informático que puede hacerse a esta forma de representación, si bien útil, es bastante limitado.

2. Metodología

Una vez descritos los objetivos generales de nuestra línea de investigación, el siguiente paso será explicar como pensamos que se debe de proceder para alcanzarlos. Debemos tener presente todos aquellos elementos de interés en el campo de tráfico rodado, teniendo en mente que el problema reside en desarrollar la ontología de tráfico, no como un todo o dominio genérico, sino como pequeños subdominios (Clasificación de Vías, Clasificación de Vehículos, Accidentalidad, Topónimos etc.) que se relacionarán entre sí.

Son tratados por tanto, los requisitos conceptuales y tecnológicos que debe cumplir el esquema de representación necesario y las aplicaciones informáticas que lo exploten para proporcionar servicios inteligentes.

En el desarrollo de una infraestructura conceptual que permita organizar y relacionar los elementos de información que constituyen cualquier información sobre tráfico, podemos distinguir dos niveles o etapas:

- Nivel estructural, donde se establecerá el modelo de la estructura y,
- Nivel composicional donde se definirá la semántica de los diferentes elementos descriptivos del tráfico, estableciendo las relaciones entre ellos, y se desarrollará el modelado de las tareas de forma que los agentes que las realizan puedan obtener y manejar la información sobre el tráfico cuando se precise.

Siguiendo la metodología anteriormente señalada se pretende modelar cualquier documento o dato fuente que nos permita desarrollar un sistema informático capaz de procesar este tipo de información que haga posible el acceso a la información requerida por usuarios para la elaboración de planes sobre rutas, o cualquier otro tipo de información requerida sobre el estado de tráfico etc.

Los conceptos establecidos, sus propiedades, las relaciones que existen entre los mismos y los términos específicos que se emplean para designarlos tienen una gran importancia, puesto que proporcionan una infraestructura básica que permite organizar y conectar los elementos de información que constituyen cualquier especificación.

2.1 Requisitos del esquema de representación

El esquema de representación debe cumplir los siguientes aspectos:

- Ser interpretable por el ordenador y fácilmente intercambiable entre aplicaciones.
- Adherirse en sus aspectos sintácticos a los estándares de representación de información existentes para la Web: XML, XML-Schema, RDF, RDF-Schema, DAML+OIL y OWL.

De este modo, dada una información específica de tráfico, se dispondrá de una herramienta conceptual y metodológica que permita producir una representación en la forma base de conocimiento que podrá ser explotada por distintas aplicaciones informáticas para proporcionar servicios inteligentes y otros usos que requieran del conocimiento contenido en dicha información específica. A los requisitos conceptuales anteriores pueden sumarse otros de carácter tecnológico como el acceso desde puestos remotos mediante Internet, posibilidad de distribución de la información etc.

Por todo lo expuesto anteriormente surgen algunos puntos interesantes como base de una investigación exhaustiva:

¿Qué vocabularios comunes pueden ser definidos para representar información de tráfico en lo relacionado con accidentes, planes de gestión de tráfico, modelado de tráfico etc.?

¿Qué principios, tecnologías y herramientas de representación del conocimiento y de definición de ontologías son las más apropiadas para abordar este problema?

Se han tenido en cuenta diferentes estudios realizados hasta la fecha sobre los distintos lenguajes de marcas de tipo semántico, y de las herramientas usadas para su edición y tratamiento (editores, razonadores y demás) [13][14][15]. Entre los editores utilizados para crear la Ontologías se han utilizado varios como Protegé 2000 [18] y OilEd [5], precisamente por el requisito de uso del lenguaje semántico elegido.

¿De qué manera se pueden describir los servicios aportados por los diferentes recursos web, que permitan una interacción sencilla o transparente por parte del usuario?

3. Desarrollo de una Ontología de tráfico

3.1 Fases en el desarrollo de una Ontología de tráfico

Una vez determinado cual es el dominio específico que estamos tratando y el alcance de la ontología, habrá que determinar para que lo usaremos, que preguntas son consideradas de interés que la ontología debe de ser capaz de responder y quien la va a usar y mantener.

En nuestro caso de estudio, el dominio utilizado es el de tráfico, aunque obviamente y debido a las razones expuestas en el punto anterior se han tratado los diferentes subdominios de este teniendo en cuenta los diferentes campos de actuación o áreas como modelado o accidentalidad, o incluso aquellos dominios que nos aportarán información extra pero necesaria en la descripción de otros (subdominios soporte) como el caso del dominio de vehículos (clasificación de estos). Si un usuario u operador del sistema necesita conocer información específica sobre los accidentes acontecidos en una determinada carretera o localización, posiblemente quiera saber detalles sobre los vehículos implicados, tipos de vías etc. y por tanto este tipo de consulta involucre no sólo un dominio sino varios, de ahí la importancia de la relación entre estos, tal y como planteábamos anteriormente.

Por tanto la primera fase en el desarrollo de nuestra ontología consistirá en determinar los subdominios de interés y una vez determinados, considerar la reutilización de ontologías ya disponibles y públicas en cada uno de ellos. En cada uno de estos subdominios lógicamente deberemos seguir todos aquellos pasos que se consideran necesarios y los cuales se han convertido en un estándar metodológico [2] [4].

3.2 Elección de un lenguaje de representación de ontologías. ¿Por qué DAML+OIL u OWL?

Una de las más importantes iniciativas para describir la semántica de recursos Web es Resource Description Framework (RDF) [7] desarrollado por el World Wide Consortium (W3C).

Sin embargo, a RDF le falta poder expresivo, ya que por ejemplo, no es posible restringir el rango de las propiedades localmente a una definición de clase, establecer condiciones necesarias y suficientes para establecer la propiedad de ser miembro de una determinada clase, equivalencia y disyunción de clases etc. Las únicas restricciones expresables en RDF son el dominio y rango sobre las propiedades, y estas son globales. Sin embargo, mediante lenguajes como DAML+OIL y OWL [11] se permite declarar múltiples rangos y dominios. OWL es un lenguaje que permite expresar propiedades de recursos y clasificaciones mucho más sofisticadas de lo que permite RDF. También añade facilidades para establecer tipos de datos basándose en las definiciones de tipos provistas en el W3C XML Schema. De igual forma tanto RDF como OWL permiten establecer mecanismos para la enumeración de clases¹, pero la diferencia estriba en que en RDF, dichas enumeraciones son abiertas y por tanto, cualquiera puede añadir elementos a la enumeración sin ninguna restricción, mientras que en OWL son cerradas, lo que permite controlar los elementos o items de forma adecuada. OWL provee un gran conjunto de conceptos de modelado para describir el mundo, por lo que mediante su uso es posible obtener un lenguaje más fuerte y descriptivo para describir la forma en la que los objetos en el mundo real se relacionan unos con otros, lo que da lugar a una capacidad de inferencia mucho más elaborada de la que disponía RDF(S).

3.3 Características de los conceptos o términos

En la enumeración de términos hemos determinado todos aquellos conceptos que en un principio consideramos importantes. Posteriormente tuvimos que tomar una serie de decisiones en torno a ellos que han caracterizado nuestra ontología.

Para intentar explicar con mayor detalle el proceso, explicaremos que criterios se han tenido en cuenta, usando como ejemplo vistas parciales de los distintos subdominios de trabajo.

Las fuentes utilizadas como base de nuestra ontología han sido varias, como ejemplo citaremos que para la realización de la ontología sobre la clasificación de vías las fuentes fueron principalmente el "Reglamento General de Carreteras" donde queda establecida una clasificación de estas y sus elementos, así como también el Real Decreto 1231/03 de 26 de Septiembre de 2003, por el que queda modificada la nomenclatura y el catalogo de las autopistas y autovías de la red de carreteras del estado.

Analizando estas fuentes nos damos cuenta que podemos establecer una clasificación o taxonomía de los diferentes elementos que lo constituyen, pero que hay que tomar una serie de decisiones en cuanto su desarrollo. De igual forma se procedió con el resto de subdominios.

¿Se trata de conceptos asumidos como clases denominadas primitivas o definidas?

Teniendo en cuenta la distinción entre clases o conceptos primitivos y clases definidas [4] y [19], ¿de qué modo especificaremos cada uno de nuestros elementos? Para responder a esta pregunta, deberemos tener en cuenta una serie de consideraciones:

- El uso de razonadores lógicos nos permitirá clasificar de forma automática clases primitivas bajo otras clases definidas, pero no podrán clasificar clases primitivas debajo de otras clases primitivas.²

¹ Descripción de una clase de forma explícita o por extensión, mediante la enumeración de los individuales que son instancias de la clase.

² En OWL definir un concepto como una clase primitiva es decir que nosotros no podemos (o elegimos no hacer) darle una definición completa sino que únicamente elegimos darle una descripción por la cual pueda ser clasificado bajo otras clases definidas.

- Las definiciones son muy costosas computacionalmente ya que el razonador tiene que considerar que cosas deben de ser clasificados bajo ellas al igual que el lugar donde ellas deberían ser clasificadas.
- Se deben especificar clases primitivas cuando existan multitud de definiciones sobre el mismo concepto, que harán que el uso de una definición sea completamente inadecuada para una definición completa y además cuando las características individuales casi nunca sean usadas, por lo que la Ontología nunca necesitará reconocer el concepto dado.

Por tanto y llegando a un punto de conveniencia en nuestros objetivos se establecen los diferentes conceptos y relaciones en entre ellos. Obviamente y debido al gran coste computacional que suponen las clases definidas, hemos considerado la mayoría de conceptos como primitivos y sólo en algunos casos se ha especificado una definición completa.

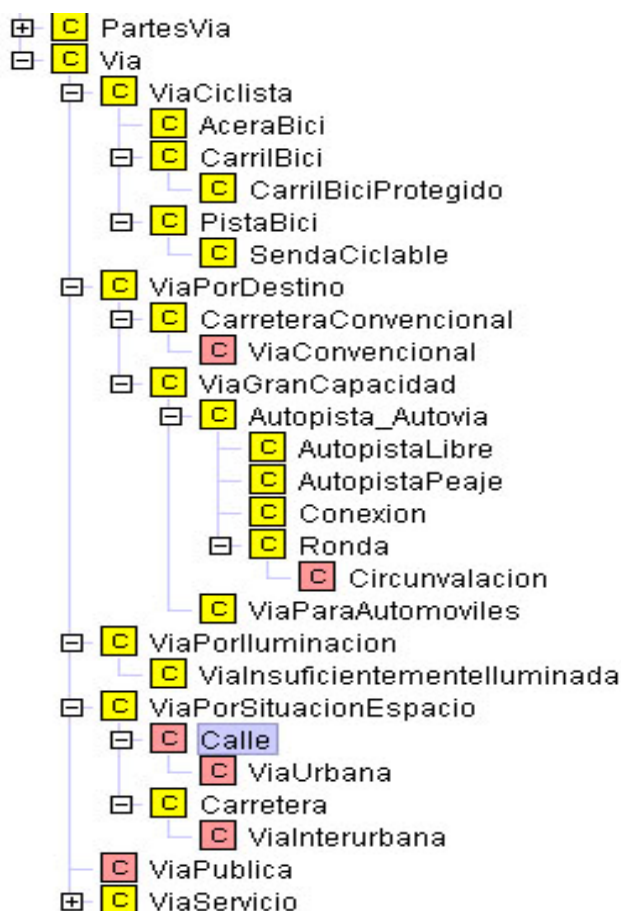


Figura 1. Vista parcial de la jerarquía de clases en el dominio de "Vías"

En la Figura 1 podemos apreciar una vista parcial de la jerarquía de clases elaborada.

Por ejemplo y dentro de esta Ontología, nos damos cuenta que conceptos como "Calle" podrían y han sido definidos completamente.

Es importante destacar que si tratamos con conceptos primitivos la información que se pueda proporcionar tendrá que ser dada mediante el uso de sus restricciones, sin embargo si estamos tratando con conceptos definidos, deberemos preguntarnos si la información que queremos añadir es de suma importancia para la definición de este, de lo contrario dicha información se dará mediante la construcción de axiomas y no mediante el uso de sus restricciones.

Distinción entre conceptos independientes y los denominados modificadores o valor de refinamiento.

Mediante el uso de axiomas podemos distinguir en nuestra Ontología determinados tipos de conceptos: Conceptos independientes o significantes por si mismos, de los conceptos denominados de refinamiento o modificadores tal y como aparece en [4].

En el desarrollo de nuestra ontología, se han utilizado conceptos independientes con subclases primitivas o individuales disjuntos para describir ciertas clases mediante restricciones sobre propiedades cuyo rango sólo podrá pertenecer a un conjunto enumerado de valores.

Para aclarar lo anterior, haremos uso de un ejemplo en nuestra ontología.

Mediante Lógica Descriptiva [20] expresaremos parte de nuestra Base de Conocimiento.

a) Dominio \subset {Publico, Privado}

b) $\perp \doteq$ {Publico} \cap {Privado}³

c) Range(dominio) \doteq Dominio⁴

d) Calle \subset \exists dominio.{Publico}

Definiendo la propiedad dominio con rango Dominio, estableceremos que los únicos valores para esa propiedad podrán ser "publico" o "privado":

Concretamente, las especificaciones anteriores en OWL son:

```
<owl:Class rdf:ID="#Dominio">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class>
      <owl:oneOf rdf:parseType="owl:collection">
        <owl:Thing rdf:about="#Publico"/>
        <owl:Thing rdf:about="#Privado"/>
      </owl:oneOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="#dominio">
  <rdfs:label>dominio</rdfs:label>
  <rdfs:comment>
    Propiedad que indica si determinados elementos son de dominio público o privado.
  </rdfs:comment>
  <rdfs:range>
    <owl:Class rdf:about=" #Dominio"/>
  </rdfs:range>
```

³ \perp equivale a "Nothing" en OWL o a \emptyset en semántica.

⁴ Range(P), lo utilizaremos para expresar el predicado de OWL utilizado para describir el rango de una propiedad P.


```

<owl:Class rdf:about="#Calle">
  <rdfs:label>Calle</rdfs:label>
  <rdfs:comment>Vias situadas dentro del casco urbano....</rdfs:comment>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class rdf:about=" #ViaPorSituacionEspacio"/>
  </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>

      <owl:onProperty rdf:resource=" #Dominio"/>
      <owl:hasClass>
        <owl:Class>
<owl:oneOf rdf:parseType="owl:collection">
<owl:Thing rdf:about="#Publico"/>
</owl:oneOf>
</owl:Class>
      </owl:hasClass>
      </owl:Restriction>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>

```

Concepto de Covering:

Tomando como punto de referencia, el subdominio de accidentalidad, hay que destacar que los servicios de información de tráfico son servicios que tratan con las condiciones o estado de carreteras, información de tráfico e información sobre accidentes. EL método habitual, consiste en la creación de mensajes de tráfico por parte de los Centros de Información de Tráfico (CIT), para posteriormente distribuirlos. Generalmente estos mensajes consisten en dos partes claramente diferenciadas: la descripción del evento y la descripción de la localización de este. Atendiendo a la especificación de esta última parte, y basándonos en un modelo de datos preestablecido podemos hacer constar que la localización de un evento puede estar definida en \cup es formas distintas:

- Puntos (Puntos kilométricos o PKs, coordenadas geográficas etc.)
- Tramos (Tramos de carreteras formados por puntos)
- Áreas (Formadas por puntos o tramos)

Por tanto, toda localización o es un punto aislado o está formado por varios puntos (tramos y áreas). Expresado mediante lógica descriptiva tenemos:

a) Localizacion $\hat{=}$ Punto \cup Tramo \cup Area
 b) $\perp \hat{=}$ Punto \cap Tramo \cap Area

Para especificar lo anterior mediante OWL, establecemos que todos los subtipos (Punto, Tramo, Area) de "Localizacion" completan su definición de tal forma que el concepto estará completamente descrito. Además deberíamos añadir en nuestra ontología el hecho de que estos conceptos o subclases son disjuntos. Para poder hacer lo anterior establecemos tres fases:

- a) En la definición de clase, establecemos que "Localizacion" es subclase de cada uno de sus subtipos (denominados también valores de refinamiento).
- b) Con axiomas de tipo subclase (covering), establecemos que cada uno de los subtipos es a su vez subclase del concepto al que cubren (Localizacion).
- c) Por último, establecemos la disyunción entre los diferentes valores de refinamiento mediante un axioma disyuntivo.

De igual manera podemos hacer uso del axioma sameClassAs para especificar lo anterior con lo cual quedará definida la clase, aunque esto obviamente repercutirá en el coste computacional.

Lo anterior, especificado en OWL es:

```
<owl:Class rdf:about="#Localizacion"/>
<rdfs:comment> La localización de un suceso o escenario podrá estar definida de tres formas distintas:
Puntos, Tramos o Áreas </rdfs:comment>
<owl:sameClassAs>
<owl:disjointUnionOf rdf:parsetype="owl:collection">
<owl:Class rdf:about="#Punto"/>
<owl:Class rdf:about="#Tramo"/>
<owl:Class rdf:about="#Area"/>
</owl:disjointUnionOf>
</owl:sameClassAs>
</owl:Class>
```

Conclusiones

El trabajo aquí expuesto nos ha servido como prueba de concepto sobre la utilidad del uso de las Ontologías en el dominio de tráfico, y el uso de éstas para efectuar tratamientos automáticos de la información que permiten manejar y homogeneizar la información distribuida y heterogénea inherente en este tipo de datos. Se ha planteado la forma de abordar el desarrollo de estas Ontologías, mediante la explicación de determinados aspectos relevantes para su constitución. Para la elaboración del trabajo se han tomado dos puntos de vista diferentes, como son el de la necesidad de un intercambio de información entre los diferentes organismos o administraciones de tráfico así como la toma de decisiones en base a los datos obtenidos y por otra parte desde el punto de vista del conductor o viajero que necesita consultar información determinada de diferentes fuentes, con información generalmente presentada en formatos distintos. En este último sentido se ha perseguido precisar la consulta del usuario de manera que y mediante el uso de ontologías se alcance el objetivo de encontrar toda la información pertinente, de forma transparente para él.

Reconocimiento

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto CICYT del Ministerio de Ciencia y Tecnología, de España, cuya referencia es TRA2004-06276 / MODAL ("Desarrollo de un sistema de intercambio de información entre camiones y dispositivos externos para control de mercancías mediante el uso de una infraestructura conceptual basada en ontologías. ")

Bibliografía

- [2] Natalya Fridman Noy , Deborah L. McGuinness. "Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology". Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001
- [4] A. Rector. OilEd Normalised Ontology Tutorial- Biomedical Version
- [5] Oiled Ontology Editor web page (<http://oiled.man.ac.uk/>) Last Visited January 2004
- [6] Tim Berners-Lee. XML 2000 - Semantic Web Talk, December 2000. <http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/Overview.html>
- [7] RDF/XML Syntax Specification (Revised) Resource Description Framework (RDF): W3C Recommendation 10 February 2004 <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-syntax-grammar-20040210/>
- [11] OWL Web Ontology Language Reference W3C Recommendation 10 February 2004 <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-ref-20040210/>
- [12] Yolanda Gil and Varun Ratnar. USC Information Sciences and Computer Science Department. "A comparison of (Semantic) Markup Languages". Proceedings of the 15th International FLAIRS Conference, Pensacola Beach, Florida, May 14-16, 2002
- [13] Ontology Building: A Survey of Editing Tools by Michael Denny <http://www.xml.com/pub/a/2002/11/06/ontologies.html> November 06, 2002
- [14] A Roadmap to Ontology Specification Languages by O. Corcho and A. Gómez-Pérez in the Proceedings of the 12th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management, October, 2000 at (<http://delicias.dia.fi.upm.es/articulos/ocorcho/ekaw2000-corcho.pdf>).
- [15] Report on ontology tools: OntoWeb report on a comparative study of 11 ontology editors plus several other ontology tools, May, 2002 at (http://ontoweb.aifb.uni-karlsruhe.de/About/Deliverables/D13_v1-0.zip).
- [18] The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System <http://protege.stanford.edu/>
- [19] Angus Roberts. An Introduction to OilEd <http://oiled.man.ac.uk/tutorial/>
- [20] The Description Logic Handbook, Theory, Implementation and Applications Edited by Franz Baader, Diego Calvanese, Deborah McGuinness, Daniele Nardi, Peter Patel-Schneider Published January 2003 ISBN: 0521781760